

**Stereo microscope, e.g. for use in surgical operations - contains objective lens system, coaxial, variable magnification optical system and optical eyepiece**

Patent Number: DE4336715

Publication date: 1994-04-28

Inventor(s): HANZAWA TOYOHARU (JP)

Applicant(s): OLYMPUS OPTICAL CO (JP)

Requested Patent:  DE4336715

Application Number: DE19934336715 19931027

Priority Number(s): JP19930149755 19930531; JP19920288976 19921027

IPC Classification: G02B21/22

EC Classification: G02B21/22

Equivalents:

---

**Abstract**

The stereo microscope contains an objective lens system (2) with an optical system (3) of variable magnification coaxial to the lens system and an optical eyepiece system. Light emanating from an object, and passing through regions to the side of an optical axis of the objective lens system and of the variable magnification lens system, pass through the eyepiece system to the left and right eyes of an observer. The variable magnification system contains at least two reflecting elements (4,5) which change the direction of a light path in the variable magnification system. An optical image alignment system is arranged at the outlet side of the variable magnification optical system.

USE/ADVANTAGE- For observing states at microscopic points on objects in three dimensions. Facilitates operations on object.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



(12) **Patentschrift**  
 (10) **DE 43 36 715 C2**

(51) Int. Cl. 6:  
**G 02 B 21/22**

(21) Aktenzeichen: P 43 36 715.1-42  
 (22) Anmeldetag: 27. 10. 93  
 (43) Offenlegungstag: 28. 4. 94  
 (45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 8. 7. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

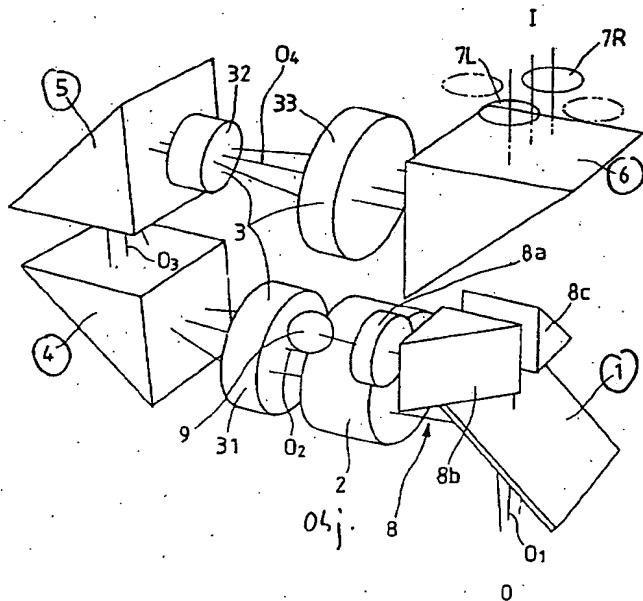
(30) Unionspriorität:  
 288976/92 27. 10. 92 JP  
 149755/93 31. 05. 93 JP  
 (73) Patentinhaber:  
 Olympus Optical Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP  
 (74) Vertreter:  
 H. Weickmann und Kollegen, 81679 München

(62) Teil in: P 43 45 485.2  
 (72) Erfinder:  
 Hanzawa, Toyoharu, Fuchu, Tokio/Tokyo, JP  
 (56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
 DE 37 18 843 C2  
 DE 41 23 279 A1  
 DD 2 90 064 A5  
 DD 2 14 223

(54) Stereomikroskop

(57) Stereomikroskop,

- mit einem gemeinsamen Objektiv (2) für den rechten und linken Strahlengang des Stereomikroskops
- und einem für den rechten und linken Strahlengang gemeinsamen, afokalen Vergrößerungssystem (3)
- und mit einem Binokular (15) zur Beobachtung des aus dem afokalen Vergrößerungssystem (3) austretenden Objektlichtes, dadurch gekennzeichnet,
- daß zur Erzielung einer geringen Bauhöhe des Stereomikroskops zwischen dem Objekt (0) und dem Binokular (15) der Reihe nach vier den Lichtweg im Bereich des afokalen Vergrößerungssystems (3) faltende Spiegel vorgesehen sind,
- von denen der erste (1) und vierte (6) Spiegel außerhalb und der zweite (4) und dritte (5) Spiegel innerhalb des afokalen Vergrößerungssystems (3) angeordnet sind und der dritte Spiegel (5) unmittelbar neben dem zweiten Spiegel (4) liegt,
- daß der erste Spiegel (1) das Objektlicht vom Mikroskopbus weg durch das Objektiv (2) hindurch in den Eingang des afokalen Vergrößerungssystems (3) zu dem zweiten Spiegel (4) reflektiert, der das Objektlicht seinerseits zu dem dritten Spiegel (5) reflektiert
- und daß der dritte Spiegel (5) das Objektlicht zum Mikroskopbus zurück durch den Ausgang des afokalen Vergrößerungssystems (3) auf den vierten Spiegel (6) reflektiert, der das Objektlicht seinerseits in das Binokular (15) reflektiert.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Stereomikroskop mit einem gemeinsamen Objektiv für den rechten und linken Strahlengang des Stereomikroskops, einem für den rechten und linken Strahlengang gemeinsamen, afokalen Vergrößerungssystem und mit einem Binokular zur Beobachtung des aus dem afokalen Vergrößerungssystem austretenden Objektlichtes.

5 Stereomikroskope, die die dreidimensionale Beobachtung von Objektstellen ermöglichen, werden beispielsweise in der Forschung und in der Medizin, insbesondere bei chirurgischen Operationen etc. herangezogen. Es sind auch bereits Stereomikroskope bekannt, die von zwei Personen gleichzeitig genutzt werden können, um ein Objekt zu betrachten. Solche Stereomikroskope sollten so aufgebaut sein, daß die Benutzer bei der Objektbeobachtung von irgendeiner gewünschten Beobachtungsrichtung her eine entspannte und unverkrampfte Körperhaltung einnehmen können, was insbesondere bei Langzeit-Beobachtungen bedeutsam ist.

10 Ein Stereomikroskop mit den eingangs genannten Merkmalen ist beispielsweise aus der DE 41 23 279 A1 oder aus der japanischen Offenlegungsschrift JP 4-156 412 bekannt. Der Aufbau eines derartigen konventionellen Stereomikroskops ist in Fig. 19 dargestellt. Das Stereomikroskop nach Fig. 19 besteht aus einem Objektiv 2, einem koaxial zu dem Objektiv 2 angeordneten afokalen optischen Vergrößerungssystem 3 und wenigstens einem Paar von Okularen 15 (Binokularsystem 15). Bei dem bekannten Stereomikroskop nach Fig. 19 sind die optischen Okulare 15 derart konfiguriert, daß sie gemeinsam um eine zur optischen Achse des Objektivs 2 parallele Achse drehbar sind. In Fig. 19 repräsentiert das Bezugszeichen 16 Augen von Beobachtern. Mit 17 sind Elemente bezeichnet, die den optischen Strahlengang oder Lichtweg aufspalten und in dem Binokularsystem 15 angeordnet sind. Ein Nachteil dieser bekannten Stereomikroskope liegt darin, daß sich bei hinreichend großer Austrittspupille des Vergrößerungssystems eine vergleichsweise große Bauhöhe bzw. ein relativ großer Abstand zwischen Objekt und Okularsystem ergibt. Dies macht es ziemlich unbequem, Arbeiten an einem Objekt bei gleichzeitiger Betrachtung des Objektes durch das Mikroskop auszuführen.

15 Aus der DD-PS 2 14 223 ist ein Stereomikroskop mit einem gemeinsamen Objektiv für den rechten und linken Strahlengang und einem jeweiligen Vergrößerungssystem für den rechten und linken Strahlengang bekannt, wobei der rechte und linke Strahlengang zwischen Objektiv und Okularsystem unter Verwendung von Prismen bzw. Spiegeln jeweils gefaltet sind. Das letztgenannte Stereomikroskop mit Faltung des Strahlengangs und jeweiligen Vergrößerungssystemen für den rechten und den linken Strahlengang erfordert eine vergleichsweise große Anzahl optischer Komponenten, die sorgfältig aufeinander abgestimmt werden müssen, damit Vergrößerungsdifferenzen zwischen dem linken und dem rechten Strahlengang vermieden werden.

20 25 30 Aus der DD 2 90 064 A5 ist ein Stereomikroskop mit einem gemeinsamen Objektiv und einem gemeinsamen afokalen Vergrößerungssystem für den rechten und linken Strahlengang sowie mit einem Binokular zur Beobachtung des aus dem afokalen Vergrößerungssystem austretenden Objektlichtes bekannt, wobei dieses bekannte Stereomikroskop Umlenkspiegel außerhalb des afokalen Vergrößerungssystems aufweist, die dazu dienen, eine freie Drehbarkeit des Binokulartubus zu gewährleisten.

35 40 Zum Stand der Technik wird ferner auf die DE 37 18 843 C2 verwiesen, aus der ein Binokularsystem für Stereomikroskope bekannt ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein kompaktes Stereomikroskop ohne verschlechterte Abbildungseigenschaften anzugeben, also ein Stereomikroskop der eingangs genannten Art, das ohne Verschlechterung der Abbildungseigenschaften einen vergleichsweise kurzen Abstand zwischen dem zu beobachtenden Objekt und den Augen des Beobachters ermöglicht.

45 50 Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfundungsgemäß vorgeschlagen, daß zur Erzielung einer geringen Bauhöhe des Stereomikroskops zwischen dem Objekt und dem Binokular der Reihe nach vier, den Lichtweg im Bereich des afokalen Vergrößerungssystems faltende Spiegel vorgesehen sind, von denen der erste und vierte Spiegel außerhalb und der zweite und dritte Spiegel innerhalb des afokalen Vergrößerungssystems angeordnet sind und der dritte Spiegel unmittelbar neben dem zweiten Spiegel liegt, daß der erste Spiegel das Objektlicht vom Mikroskopertubus weg durch das Objektiv hindurch in den Eingang des afokalen Vergrößerungssystems zu dem zweiten Spiegel reflektiert, der das Objektlicht seinerseits zu dem dritten Spiegel reflektiert, und daß der dritte Spiegel das Objektlicht zum Mikroskopertubus zurück durch den Ausgang des afokalen Vergrößerungssystems auf den vierten Spiegel reflektiert, der das Objektlicht seinerseits in das Binokular reflektiert.

55 60 Der Lichtweg zwischen dem Objekt und dem vierten Spiegel verläuft bei einer Ausführungsform der Erfindung in einer und derselben Ebene.

65 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung verläuft der Lichtweg vom ersten über den zweiten und dritten Spiegel zum vierten Spiegel in einer und derselben Ebene, welche die Verlängerungen des in den ersten Spiegel einfallenden und des aus dem vierten Spiegel austretenden Lichtbündels schneidet, wobei zwischen dem vierten Spiegel und dem Binokular ein den rechten und linken Strahlengang vertauschendes optisches System vorgesehen ist. Der zweite, dritte und vierte Spiegel können als Einheit um die Verbindungslinie zwischen dem ersten und dem zweiten Spiegel drehbar sein.

70 75 Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist am Ausgang des afokalen Vergrößerungssystems ein Bildaufrichtsystem vorgesehen.

80 85 Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist der erste Spiegel als Strahlteiler ausgebildet, wobei ein Beleuchtungssystem vorgesehen ist, welches das Objekt durch den ersten Spiegel hindurch beleuchtet.

Das Binokular ist vorzugsweise um das aus dem vierten Spiegel austretende Lichtbündel drehbar.

Der zweite und dritte Spiegel können in einem Einzelprisma zusammengefaßt sein.

90 95 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist das afokale Vergrößerungssystem ein erstes Sammelsystem, ein Zerstreuungssystem und ein zweites Sammelsystem auf, wobei die beiden Sammelsysteme zur Vergrößerungseinstellung längsverschiebbar sind. Sofern hierbei der zweite und dritte Spiegel in einem Einzelprisma zusammengefaßt sind, können das Zerstreuungssystem und das Einzelprisma eine Einheit bilden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeich-

nungen näher erläutert.

**Fig. 1** zeigt in einer perspektivischen Darstellung den Aufbau eines ersten Ausführungsbeispiels des Stereomikroskops nach der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 2** zeigt in einer perspektivischen Ansicht den Aufbau optischer Okularsysteme, wie sie in dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung zu verwenden sind.

**Fig. 3** zeigt in einer perspektivischen Ansicht den Aufbau eines zweiten Ausführungsbeispiels des Stereomikroskops nach der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 4** zeigt in einer Schnittdarstellung einen Aufbau optischer Okularsysteme, wie sie in dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung zu verwenden sind.

**Fig. 5** zeigt in einer perspektivischen Ansicht den Aufbau eines dritten Ausführungsbeispiels des Stereomikroskops nach der Erfindung.

**Fig. 6** zeigt eine Ansicht des dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung, gesehen in Richtung des in **Fig. 5** gezeigten Pfeils.

**Fig. 7A, 7B, 7C, 8A, 8B, 8C, 9A, 9B und 9C** zeigen in Schnittdarstellungen Beispiele 1. bis 3 des afokalen Vergrößerungssystems zur Verwendung in dem Stereomikroskop nach der Erfindung.

**Fig. 10** zeigt Diagramme, in denen Aberrationscharakteristiken des Beispiels 1 bei dessen Vergrößerungsgrad von 0,233  $\times$  illustriert sind.

**Fig. 11** zeigt Diagramme, in denen Aberrationscharakteristiken des Beispiels 1 bei dessen Vergrößerungsgrad 0,466  $\times$  illustriert sind.

**Fig. 12** zeigt Diagramme, in denen Aberrationscharakteristiken des Beispiels 1 bei dessen Vergrößerungsgrad 0,933  $\times$  illustriert sind.

**Fig. 13** zeigt Kurven, die Aberrationscharakteristiken des Beispiels 2 bei dessen Vergrößerungsgrad 0,233  $\times$  illustrieren.

**Fig. 14** zeigt Kurven, die Aberrationscharakteristiken des Beispiels 2 bei dessen Vergrößerungsgrad 0,466  $\times$  illustrieren.

**Fig. 15** zeigt Kurven, die Aberrationscharakteristiken des Beispiels 2 bei dessen Vergrößerungsgrad 0,933  $\times$  illustrieren.

**Fig. 16** zeigt Diagramme, welche Aberrationscharakteristiken des Beispiels 3 bei dessen Vergrößerungsgrad 0,233  $\times$  veranschaulichen.

**Fig. 17** zeigt Diagramme, welche Aberrationscharakteristiken des Beispiels 3 bei dessen Vergrößerungsgrad 0,466  $\times$  veranschaulichen.

**Fig. 18** zeigt Diagramme, welche Aberrationscharakteristiken des Beispiels 3 bei dessen Vergrößerungsgrad 0,933  $\times$  veranschaulichen.

**Fig. 19** zeigt in einer Schnittansicht den Aufbau eines konventionellen Stereomikroskops.

**Fig. 1** zeigt eine perspektivische Ansicht, die den Aufbau des ersten Ausführungsbeispiels des Stereomikroskops gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt. In dieser Zeichnung bezeichnet das Bezugssymbol 1 ein erstes reflektierendes Element (erster Spiegel), das die Funktion hat, ein von einem (nicht gezeigten) Objekt kommendes Lichtbündel seitlich oder nach hinten hin abzulenken. Das Bezugssymbol 2 kennzeichnet ein Objektivlinsensystem (Objektiv), das die Funktion hat, das von dem ersten reflektierenden Element 1 reflektierte Lichtbündel in ein afokales Lichtbündel zu transformieren. Das Bezugssymbol 3 bezeichnet ein afokales optisches System variabler Vergrößerung (afokales Vergrößerungssystem), welches hinter dem Objektivlinsensystem 2 angeordnet ist. Die Bezugssymbole 4 und 5 repräsentieren ein zweites reflektierendes Element bzw. ein drittes reflektierendes Element (zweiter und dritter Spiegel), die in dem afokalen optischen System 3 variabler Vergrößerung angeordnet sind. Das Bezugssymbol 6 betrifft ein vieres reflektierendes Element (vierter Spiegel), das die Funktion hat, ein aus dem afokalen optischen System 3 austretendes Lichtbündel abzulenken. In dem von dem vierten reflektierenden Element reflektierten Lichtweg sind optische Okularsysteme (das Binokular) angeordnet.

Bei dem als erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung bevorzugten Stereomikroskop wird das von dem Objekt kommende Lichtbündel (welches eine optische Achse  $O_1$  hat) von dem ersten reflektierenden Element 1 reflektiert, so daß es einem optischen Weg folgt, der gemäß einer anderen optischen Achse  $O_2$  abgelenkt ist, wobei das Lichtbündel in das Objektivlinsensystem 2 einfällt und in ein afokales Lichtbündel umgewandelt wird. Dieses tritt in das afokale optische System 3 variabler Vergrößerung ein. Nach dem Eintritt in das afokale optische System variabler Vergrößerung wird das afokale Lichtbündel durch das zweite reflektierende Element 4 abgelenkt, so daß es einem nach oben hin gehenden optischen Weg  $O_3$  folgt. Es wird dann weiter durch das dritte reflektierende Element 5 abgelenkt und folgt dann einem anderen optischen Weg  $O_4$ , der parallel zu dem optischen Weg  $O_2$  und in entgegengesetzter Richtung zur optischen Achse  $O_2$  verläuft, und tritt dann aus dem afokalen optischen System 3 variabler Vergrößerung aus. Nach dem Austritt aus dem afokalen optischen System 3 wird das afokale Lichtbündel von dem vierten reflektierenden Element 6 abgelenkt, so daß es einem optischen Weg oder Strahlengang folgt, der auf einer Verlängerungslinie der optischen Achse  $O_1$  liegt.

Für das von dem vierten reflektierenden Element in oben beschriebener Weise reflektierte Lichtbündel sind zwei rechte und linke Pupillen 7R und 7L auf dreidimensionale Beobachtung durch das optische Okularsystem eingestellt. Genauer ausgedrückt heißt dies, daß Strahlen, die von den optischen Achsen  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$  etc. gesonderte Orte passieren (außeraxiale Strahlen) und zu den von dem zu beobachtenden Objekt emittierten Strahlen gehören, das Objektivlinsensystem 2 sowie das optische System 3 variabler Vergrößerung durchlaufen und von dem vierten reflektierenden Element 6 reflektiert werden, durch die optischen Okularsysteme hindurchtreten und zu den Augen des Beobachters geleitet werden.

Da das oben beschriebene erste Ausführungsbeispiel der Erfindung ein invertiertes Bild formt, erfordert es Mittel zur Erzielung eines aufrechten Bildes aus dem umgekehrten Bild (Mittel, wie beispielsweise bildumkehrende Prismen oder optische Elemente, die das Bild geradzahligmal erneut abbilden). Aus diesem Grunde wird es vorgeschlagen, als optische Okularsysteme, die auf der Reflexionsseite des vierten reflektierenden Elementes 6 anzuordnen sind, optische Sy-

steine zu verwenden, deren jedes eine abbildende Linsenkomponente, Mittel zur Aufrichtung des umgekehrten Bildes und eine Okularlinsenkomponente zur Vergrößerung des Bildes umfaßt.

Fig. 2 zeigt ein konkretes Beispiel eines optischen Okularsystems (Binokulars) 15 zur Verwendung in dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In dieser Zeichnung repräsentiert das Bezugssymbol 10R eine rechtsseitige abbildende Linsenkomponente (eine linksseitige abbildende Linsenkomponente ist nicht gezeigt). Die Bezugssymbole 11L, 12L und 11R, 12R bezeichnen linksseitige bzw. rechtsseitige bildumkehrende Prismen. Die Bezugssymbole 13L und 13R kennzeichnen Prismen zur Einstellung einer Breite zwischen den Augen. Die Bezugssymbole 14L und 14R repräsentieren linke bzw. rechte Okularlinsenkomponenten zur Vergrößerung des Bildes. Die optischen Okularsysteme 15 mit der oben beschriebenen Zusammensetzung sind so konfiguriert, daß sie als Ganzes in einem Bereich drehbar sind, in dem die rechte Pupille 7R und die linke Pupille 7L der optischen Okularsysteme in einem Bereich des aus dem in Fig. 1 gezeigten optischen System 3 variabler Vergrößerung austretenden Lichtbündels liegen, während die optische Achse des optischen Systems 3 variabler Vergrößerung parallel zu der rechtsseitigen und zu der linksseitigen optischen Achse der optischen Okularsysteme 15 gehalten bleibt.

Ferner ist es möglich, das erste Ausführungsbeispiel des Stereomikroskops nach der Erfindung so zu konfigurieren, daß es eine gleichzeitige Beobachtung des Bildes durch eine Vielzahl von Beobachtern ermöglicht, wenn Elemente, die das Lichtbündel teilen, zwischen dem optischen System 3 variabler Vergrößerung und den optischen Okularsystemen 15 angeordnet werden und wenn die optischen Okularsysteme 15 jeweils in den aufgeteilten optischen Wegen oder Strahlengängen angeordnet werden. In diesem Fall ist eine Beobachtung ohne Lichtintensitätsverlust möglich, indem das Lichtbündel an Orten der Pupillen aufgespalten bzw. geteilt wird.

Ferner ist es möglich, die Beobachtung in einem koaxialen Beleuchtungsmodus auszuführen, ohne den Abstand, gemessen von dem Objekt zu dem Augenpunkt, zu ändern, wenn ein teildurchlässiges reflektierendes Element, etwa ein halbdurchlässiger Spiegel, als das erste reflektierende Element 1 gewählt wird, und wenn ein Beleuchtungssystem 8, bestehend aus einer Kondensorlinsenkomponente 8a und zwei Prismen 8b, 8c, zusammen mit einer Lichtquelle 9 an der Seite angeordnet wird, an der die Strahlen, die zu den von dem zu beobachtenden Objekt emittierten Strahlen gehören, das teildurchlässige reflektierende Element passiert haben (nachstehend als Transmissionsseite bezeichnet), wie dies in Fig. 1 illustriert ist.

Fig. 3 zeigt das zweite Ausführungsbeispiel des Stereomikroskops nach der vorliegenden Erfindung. Das zweite Ausführungsbeispiel weist ein zweites reflektierendes Element 4, ein drittes reflektierendes Element 5 und ein vieres reflektierendes Element 6 auf, die so angeordnet sind, daß ein in das optische System 3 variabler Vergrößerung einfallendes Lichtbündel durch das zweite reflektierende Element 4 in eine horizontale Richtung abgelenkt wird, durch das dritte reflektierende Element 5 so abgelenkt wird, daß es in umgekehrter Richtung und parallel zu einer optischen Achse O<sub>2</sub> verläuft, und ferner durch das vierte reflektierende Element 6 nach oben hin abgelenkt wird. Für das von dem vierten reflektierenden Element 6 reflektierte Lichtbündel sind zwei Pupillen 7L und 7R für dreidimensionale Beobachtung durch optische Okularsysteme eingestellt, die über dem vierten reflektierenden Element 6 angeordnet sind.

Bei dem oben beschriebenen zweiten Ausführungsbeispiel bilden ein erstes reflektierendes Element 1, das zweite reflektierende Element 4, das dritte reflektierende Element 5 und das vierte reflektierende Element 6 ein System, das wie ein Porro-Prisma des Typs II funktioniert. Da die reflektierenden Elemente dahingehend wirken, daß sie ein umgekehrtes Bild aufrichten, ist es bei dem zweiten Ausführungsbeispiel nicht erforderlich, Mittel zur Aufrichtung eines Bildes vorzusehen.

Da das aus den reflektierenden Elementen gebildete System dahingehend funktioniert, daß es Orte oder Lagen der rechten und linken Pupillen gegeneinander auswechselt, ist es jedoch bei dem zweiten Ausführungsbeispiel erforderlich, optische Okularsysteme zu verwenden, die einen Aufbau haben, wie er exemplarisch in Fig. 4 gezeigt ist. Genauer gesagt bedeutet dies, daß das zweite Ausführungsbeispiel optische Elemente (oder reflektierende Elemente) 16L und 16R, die dahingehend wirken, daß sie die Orte bzw. Lagen der beiden Pupillen gegeneinander auswechseln, in einem Abschnitt zwischen den abbildenden Linsenkomponenten 10L, 10R und den Prismen 13L, 13R für die Einstellung einer Weite zwischen den Augen des Beobachters aufweist.

Da die in Fig. 4 gezeigten optischen Okularsysteme keine Mittel zur Aufrichtung eines umgekehrten Bildes umfassen, ermöglichen sie es, eine Breite zwischen sich zu reservieren, die schmäler ist als die, die zwischen den optischen Okularsystemen zu reservieren ist, welche – wie in Fig. 2 gezeigt – die Mittel zur Aufrichtung des umgekehrten Bildes verwenden (die reflektierenden Elemente 11L, 11R, 12L und 12R). Die Mittel zur Aufrichtung des umgekehrten Bildes sind ferner teuer, da jedes dieser Mittel mit hoher Präzision gefertigt werden muß und zwei Dachprismen verwendet. Demgemäß sind die in Fig. 4 gezeigten optischen Okularsysteme, die nicht die Mittel zur Aufrichtung des umgekehrten Bildes verwenden, kostengünstiger.

Das zweite Ausführungsbeispiel, bei dem ein Lichtbündel in der horizontalen Richtung mittels des ersten 1 bis vierten reflektierenden Elementes 6 abgelenkt wird, kann eine vertikale Gesamtlänge haben, die einer Gesamtsumme eines maximalen Durchmessers von Linsenkomponenten und der Dicke einer Fassung zur Halterung der Linsenkomponenten (einer vertikalen Länge der Fassung selbst) entspricht, und es ermöglicht es, einen Augenpunkt näher zu einem zu beobachtenden Objekt heranzubringen. Wenngleich eine optische Achse hinauf zu dem ersten reflektierenden Element 1 von der optischen Achse des Lichtbündels abweicht, das von dem vierten reflektierenden Element 6 reflektiert wird, wirft diese Abweichung quasi kein Problem auf, da sie in der Größenordnung der Gesamtsumme des Maximaldurchmessers der Linsenkomponenten und der Dicke der Fassung liegt. Berücksichtigt man die Tatsache, daß das Stereomikroskop für die Ausführung sorgfältiger oder komplizierter Arbeiten über eine lange Zeit bei gleichzeitiger Betrachtung von Bildern von Objekten durch das Mikroskop Verwendung finden soll, ist es jedoch wünschenswert, daß die optische Achse O<sub>1</sub> hinauf zu dem ersten reflektierenden Element 1 durch Verwendung reflektierender Elemente mit der optischen Achse des Lichtbündels koinzident ist, welches von dem vierten reflektierenden Element 6 reflektiert wird. Wenn die optischen Achsen zueinander koinzident sind, ist der Augenpunkt ein wenig weiter von dem zu beobachtenden Objekt positioniert.

Fig. 5 zeigt eine perspektivische Ansicht, in der das dritte Ausführungsbeispiel des Stereomikroskops nach der Erfindung illustriert ist. Das dritte Ausführungsbeispiel ist äquivalent zum zweiten Ausführungsbeispiel, wenn letzteres so

konfiguriert ist, daß das zweite reflektierende Element 4, das dritte reflektierende Element 5 und das vierte reflektierende Element 6 (oder eine optische Achse O<sub>3</sub> und eine optische Achse O<sub>4</sub>) insgesamt um eine zwischen dem ersten reflektierenden Element 1 und dem zweiten reflektierenden Element 4 liegende zentrale Achse O<sub>2</sub> (oder eine nachstehend als Drehachse A bezeichnete Achse eines Lichtbündels, das von dem Objektivlinsensystem 2 kommend als nahezu paralleles Lichtbündel in das optische System 3 variabler Vergrößerung einfällt) drehbar sind und wenn gleichzeitig das vierte reflektierende Element 6 um die optische Achse O<sub>4</sub> (nachstehend als Drehachse B bezeichnet) drehbar ist. Wenn ein Drehwinkel um die Drehachse A durch a und ein weiterer Drehwinkel des reflektierenden Elementes 6 um die Drehachse B mit b bezeichnet wird, so läßt sich die Beziehung a : b = 1 : 2 angeben, wobei die reflektierenden Elemente derart gedreht werden, daß diese Beziehung erfüllt ist. Das heißt, daß das dritte Ausführungsbeispiel die Änderung der Richtung eines von dem vierten reflektierenden Element 6 reflektierten Lichtbündels ermöglicht, während ein Bild davon in einer aufrechten Position gehalten bleibt oder verhindert wird, daß das Bild eine Neigung oder Schrägstellung erfährt. Auf diese Weise wird der Beobachter in die Lage versetzt, Richtungen für Beobachtungen durch die optischen Okularsysteme zu ändern.

Fig. 6 zeigt eine Ansicht des dritten Ausführungsbeispiels, gesehen in Richtung des in Fig. 5 gezeigten Pfeils. Eine Richtung eines Lichtbündels, die unter der in Fig. 4 gezeigten Bedingung nach oben hin verlaufend eingestellt ist, kann in eine horizontale Richtung geändert werden, indem das erste bis vierte reflektierende Element um 45° um die Drehachse A gedreht werden und das vierte reflektierende Element um 90° um die Drehachse B gedreht wird, wie dies in Fig. 6 gezeigt ist. Es ist selbstverständlich, daß das von dem vierten reflektierenden Element reflektierte Lichtbündel in irgendeine bzw. jede Richtung eingestellt werden kann, indem die Winkel der Drehachse A und der Drehachse B unter Einhaltung der Erfüllung der Beziehung a : b = 1 : 2 geändert werden.

Die bei dem dritten Ausführungsbeispiel verwendeten optischen Okularsysteme 15 entsprechen denen des in Fig. 4 gezeigten zweiten Ausführungsbeispiels.

Wie aus der obigen Beschreibung zu ersehen ist, ermöglicht das als drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung bevorzugte Stereomikroskop eine kontinuierliche Änderung der Richtung des von dem vierten reflektierenden Element 6 reflektierten Lichtbündels, indem die reflektierenden Elemente um die Drehachse A und um die Drehachse B gedreht werden, wobei die Beziehung a : b = 1 : 2 erfüllt bleibt. Das dritte Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung setzt den Beobachter folglich in die Lage, Winkel für die Betrachtung durch die Okularlinsenkomponenten der optischen Okularsysteme zu ändern.

Das dritte Ausführungsbeispiel, das einen Aufbau ähnlich dem des in Fig. 3 gezeigten zweiten Ausführungsbeispiels hat und als Modifikation davon bevorzugt wird, ist derart konfiguriert, daß es dem Beobachter die Möglichkeit gibt, seine Betrachtungswinkel (oder Neigungswinkel der Okularlinsenkomponenten) zu ändern. Es ist auch möglich, das in Fig. 1 illustrierte erste Ausführungsbeispiel so zu konfigurieren, daß es dem Beobachter die Möglichkeit gibt, Blickwinkel für die Betrachtung durch die optischen Okularsysteme des Stereomikroskops zu ändern. Zu diesem Zweck sind das zweite reflektierende Element 4 und das dritte reflektierende Element 5 als Ganzes um die als die Drehachse A herangezogene optische Achse O<sub>2</sub> drehbar ausgebildet, und das vierte reflektierende Element 6 ist ferner um die als die Drehachse B herangezogene optische Achse O<sub>4</sub> drehbar ausgebildet, wobei die Drehwinkel a und b so gewählt bleiben, daß sie die Beziehung a : b = 1 : 2 erfüllen. Im Zusammenhang mit der Drehung der reflektierenden Elemente werden ferner die Pupillen 7L und 7R der optischen Okularsysteme zu Positionierungen 7L' bzw. 7R', die mit gestrichelten Linien angedeutet sind, gedreht, indem die optischen Okularsysteme 15 um 90° um die Achse O<sub>5</sub> gedreht werden, die auf einer Verlängerungslinie der optischen Achse O<sub>1</sub> verläuft. Das heißt, daß das zweite Ausführungsbeispiel dem Beobachter die Möglichkeit gibt, seine Blickrichtungen (oder Winkel) in seinen natürlichen Haltungen oder ungezwungenen Positionen zu ändern, indem die optischen Okularsysteme gedreht werden, um die Pupillen 7L und 7R der optischen Okularsysteme um 90° und die reflektierenden Elemente unter Erfüllung der oben erwähnten Beziehung um die Drehachsen A und B zu drehen.

Das zweite Ausführungsbeispiel wie auch das dritte Ausführungsbeispiel kann ferner – wie in dem Fall des in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiels – mit einem Beleuchtungssystem ausgestattet sein, das aus einer Lichtquelle 9 einer Kondensorlinsenkomponente 8, reflektierenden Elementen 10 und 11 etc. gebildet ist.

Darüber hinaus ist jedes der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele derart konfiguriert, daß der von dem Augenpunkt zu dem zu beobachtenden Objekt gemessene Abstand verkürzt ist, indem das Objektivlinsensystem 2 zwischen dem ersten reflektierenden Element 1 und dem zweiten reflektierenden Element 4 positioniert ist. Das Objektivlinsensystem ist zwischen dem ersten reflektierenden Element 1 und dem zu beobachtenden Objekt angeordnet.

Das optische System 3 variabler Vergrößerung muß darüber hinaus wenigstens zwei Linseneinheiten umfassen, die zur Änderung einer Vergrößerung des Stereomikroskops zu verschieben sind. Wenn ein reflektierendes Element zwischen den Linseneinheiten angeordnet ist, sind diese Linseneinheiten voneinander entfernt, was es schwierig macht, ein großes variables Brennweitenverhältnis zu erhalten. Dieses Problem kann dadurch gelöst werden, daß die bewegbaren Linseneinheiten vor und hinter dem reflektierenden Element angeordnet werden und die Linseneinheiten mit dem reflektierenden Element integriert werden, um eine einzelne, das reflektierende Element umfassende Linseneinheit zu bilden. Es ist jedoch nicht wünschenswert, das erste reflektierende Element und/oder das vierte reflektierende Element in dem optischen System variabler Vergrößerung anzurufen, da eine solche Anordnung bei der Beobachtung hinderlich ist, indem der Objektpunkt und der Augenpunkt in Zusammenhang mit der Änderung der Vergrößerung verlagert werden. Wenn ferner das zweite reflektierende Element und/oder das dritte reflektierende Element in dem optischen System variabler Vergrößerung angeordnet werden, so wird dieses optische System groß und schwer. Aus diesem Grunde wird es bevorzugt, ein reflektierendes Element in einer Linseneinheit vorzusehen, wenn das optische System variabler Vergrößerung eine Linseneinheit umfaßt, die während der Änderung der Vergrößerung stationär zu halten ist.

Nachstehend folgt eine detaillierte Beschreibung des in dem Stereomikroskop nach der Erfindung zu verwendenden optischen Systems variabler Vergrößerung. Bei dem optischen System variabler Vergrößerung sind zwei reflektierende Flächen an einer zweiten Linseneinheit (Zerstreuungssystem) 32 fixiert, und eine erste Linseneinheit (erstes Sammelsystem) 31 und eine dritte Linseneinheit (zweites Sammelsystem) 33 werden zur Änderung der Vergrößerung und zur Fo-

# DE 43 36 715 C 2

kussierung des Stereomikroskops bewegt. Dies hat den Zweck, daß das optische System variabler Vergrößerung eine kurze Gesamtlänge und – in Richtung der optischen Achse  $O_2$  gemessen – eine Länge aufweist, die etwa gleich der in einer Richtung der optischen Achse  $O_4$  gemessenen Länge ist. Die erste Linseneinheit 31 und die dritte Linseneinheit 33 haben ferner positive Brechkräfte, wobei ein aus der zweiten Linseneinheit 32 austretendes Lichtbündel einen kleinen Durchmesser hat. Demgemäß bietet das optische System variabler Vergrößerung die Möglichkeit, ein Stereomikroskop mit kleinem Gewicht zu realisieren, da es eine kompakte Konfigurierung erlaubt, wobei das zweite reflektierende Element 4 und das dritte reflektierende Element 5, die aus Prismen oder Spiegeln gebildet sind, dazu tendieren, das Gewicht eines Stereomikroskops zu vergrößern. Ein Maximaldurchmesser eines Lichtbündels, das sich längs der optischen Achse  $O_2$  und der optischen Achse  $O_4$  ausbreitet, ist abhängig von der ersten Linseneinheit 31 und der dritten Linseneinheit 33 festgelegt, wohingegen ein die zweite Linseneinheit 32 durchlaufendes Lichtbündel einen nicht so großen Durchmesser hat. Demgemäß kann ein von dem zweiten reflektierenden Element 4 zu dem dritten reflektierenden Element 5 in Richtung der optischen Achse  $O_3$  gemessener Abstand in einem Bereich verkürzt werden, in dem die erste Linseneinheit 31 nicht gegen die dritte Linseneinheit 33 trifft, wodurch verhindert wird, daß der Augenpunkt fern von dem Objektpunkt liegt.

15 Beispiele numerischer Daten für das optische System variabler Vergrößerung sind nachstehend aufgelistet:

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## DE 43 36 715 C 2

## Beispiel 1

$r_1$  = Eintrittsfläche  $d_1 = D_1$  (variabel) 5  
 $r_2 = -4.652311$        $d_2 = 0.0245725$   $n_1 = 1.816$   $\nu_1 = 46.6$   
 $r_3 = -0.576651$        $d_3 = 0.0020833$   
 $r_4 = 0.2327148$        $d_4 = 0.0447313$   $n_2 = 1.72916$   $\nu_2 = 54.7$  10  
 $r_5 = 2.1363732$        $d_5 = 0.0208333$   $n_3 = 1.84666$   $\nu_3 = 23.8$   
 $r_6 = 0.3998642$        $d_6 = D_2$  (variabel) 15  
 $r_7 = -0.277245$        $d_7 = 0.0104166$   $n_4 = 1.816$   $\nu_4 = 46.6$   
 $r_8 = 0.0976381$        $d_8 = 0.0177492$  20  
 $r_9 = \infty$        $d_9 = 0.4166666$   $n_5 = 1.79952$   $\nu_5 = 42.2$   
 $r_{10} = \infty$        $d_{10} = 0.0310086$  25  
 $r_{11} = -0.117758$        $d_{11} = 0.0125$   $n_6 = 1.6727$   $\nu_6 = 32.1$   
 $r_{12} = -0.114610$        $d_{12} = D_3$  (variabel)  
 $r_{13} = 2.9463112$        $d_{13} = 0.0166666$   $n_7 = 1.726$   $\nu_7 = 53.5$  30  
 $r_{14} = 0.3866137$        $d_{14} = 0.0257859$   $n_8 = 1.497$   $\nu_8 = 81.6$   
 $r_{15} = -0.306833$        $d_{15} = D_4$  35  
 $r_{16} = \text{Austrittsfläche}$

Vergrößerung  $0.233 \times 0.466 \times 0.933 \times$  40

|       |           |           |           |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| $D_1$ | 0.1462802 | 0.0487575 | 0         |
| $D_2$ | 0.025     | 0.1225228 | 0.1712802 |
| $D_3$ | 0.2057053 | 0.1454683 | 0.025     |
| $D_4$ | 0         | 0.060237  | 0.1807053 |

$\beta = 0.233 \times \sim 0.933 \times$  50

$A D = 0.0458$ ,  $A = 0.05$ ,  $A P = 0$ ,  $f_{OC} = 0.7$ ,  $I H = 0.025$

$H H = 0.1228$ ,  $f_1 = 0.37695$ ,  $f_2 = -0.1085$ ,  $f_3 = 0.78063$  55

$f_{20} = -0.08739$ ,  $f_{21} = -2.4542$

60

65

## DE 43 36 715 C2

## Beispiel 2

$r_1$  = Einfallsfläche  $d_1 = D_1$  (variabel)  
 $r_2 = 0.3276198$        $d_2 = 0.0518114$   $n_1 = 1.48749$   $\nu_1 = 70.2$   
 $r_3 = -1.325918$        $d_3 = 0.0020833$   
 $r_4 = 0.1886252$        $d_4 = 0.0507693$   $n_2 = 1.48749$   $\nu_2 = 70.2$   
 $r_5 = 1.2281153$        $d_5 = 0.0208333$   $n_3 = 1.84666$   $\nu_3 = 23.8$   
 $r_6 = 0.4929500$        $d_6 = D_2$  (variabel)  
 $r_7 = 6.0661219$        $d_7 = 0.0104166$   $n_4 = 1.72916$   $\nu_4 = 54.7$   
 $r_8 = 0.0887555$        $d_8 = 0.0265080$   
 $r_9 = -0.110686$        $d_9 = 0.0125$        $n_5 = 1.72916$   $\nu_5 = 54.7$   
 $r_{10} = \infty$        $d_{10} = 0.4166666$        $n_6 = 1.51633$        $\nu_6 = 64.1$   
 $r_{11} = \infty$        $d_{11} = 0.0138975$        $n_7 = 1.48749$        $\nu_7 = 70.2$   
 $r_{12} = -0.540701$        $d_{12} = D_3$  (variabel)  
 $r_{13} = 2.3268724$        $d_{13} = 0.0166666$        $n_8 = 1.52944$        $\nu_8 = 51.7$   
 $r_{14} = 0.3370325$        $d_{14} = 0.024471$        $n_9 = 1.497$        $\nu_9 = 81.6$   
 $r_{15} = -0.491383$        $d_{15} = D_4$  (variabel)  
 $r_{16} = \text{Austrittsfläche}$

Vergrößerung 0.233  $\times$       0.466  $\times$       0.933  $\times$

|       |           |           |           |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| $D_1$ | 0.0917445 | 0.0305801 | 0         |
| $D_2$ | 0.025     | 0.0861645 | 0.1167446 |
| $D_3$ | 0.2366314 | 0.1660853 | 0.025     |
| $D_4$ | 0         | 0.0705461 | 0.2116315 |

$\beta = 0.233 \times \sim 0.933 \times$

$A D = 0.0458$ ,  $A = 0.05$ ,  $A P = 0$ ,  $f_{OC} = 0.7$ ,  $I H = 0.025$

$f_1 = 0.30991$ ,  $f_2 = -0.09289$ ,  $f_3 = 0.87854$ ,  $f_{20} = -0.12362$   
 $f_{21} = -0.25281$

60

65

## DE 43 36 715 C 2

## Beispiel 3

$r_1$  = Einfallsfläche  $d_1 = D_1$  (variabel)  
 $r_2 = 0.6809665$   $d_2 = 0.0426548$   $n_1 = 1.497$   $\nu_1 = 81.6$  5  
 $r_3 = -0.882233$   $d_3 = 0.0021388$   
 $r_4 = 0.3389510$   $d_4 = 0.0391005$   $n_2 = 1.497$   $\nu_2 = 81.6$  10  
 $r_5 = 3.2549111$   $d_5 = 0.0213885$   $n_3 = 1.84666$   $\nu_3 = 23.8$   
 $r_6 = 1.4762306$   $d_6 = D_2$  (variabel) 15  
 $r_7 = -0.345746$   $d_7 = 0.0106942$   $n_4 = 1.72916$   $\nu_4 = 54.7$   
 $r_8 = \infty$   $d_8 = 0.1711083$   $n_5 = 1.79952$   $\nu_5 = 42.2$  20  
 $r_9 = \infty$   $d_9 = 0.0174379$   $n_6 = 1.72916$   $\nu_6 = 54.7$   
 $r_{10} = 0.0756823$   $d_{10} = 0.0253391$  25  
 $r_{11} = -0.061868$   $d_{11} = 0.0161268$   $n_7 = 1.51633$   $\nu_7 = 64.1$   
 $r_{12} = \infty$   $d_{12} = 0.1711083$   $n_8 = 1.79952$   $\nu_8 = 42.2$   
 $r_{13} = \infty$   $d_{13} = 0.0338747$   $n_9 = 1.497$   $\nu_9 = 81.6$  30  
 $r_{14} = -0.134899$   $d_{14} = D_3$  (variabel)  
 $r_{15} = 0.9874227$   $d_{15} = 0.0171108$   $n_{10} = 1.51633$   $\nu_{10} = 64.1$  35  
 $r_{16} = 0.2575234$   $d_{16} = 0.0264841$   $n_{11} = 1.497$   $\nu_{11} = 81.6$   
 $r_{17} = -0.741712$   $d_{17} = D_4$  (variabel) 40  
 $r_{18} = \text{Austrittsfläche}$

Vergrößerung  $0.233 \times 0.466 \times 0.933 \times$

$D_1 = 0.1577962$   $0.0526249$  0  
 $D_2 = 0.0256662$   $0.1308376$   $0.1834625$   
 $D_3 = 0.2219699$   $0.1565487$   $0.0256662$  50  
 $D_4 = 0$   $0.0654311$   $0.1963036$

$\beta = 0.233 \times \sim 0.933 \times$

$A D = 0.047$ ,  $A = 0.051$ ,  $A P = 0$ ,  $f_{OC} = 0.718$ ,  $I H = 0.026$

$f_1 = 0.43293$ ,  $f_2 = -0.11738$ ,  $f_3 = 0.90164$ ,  $f_{20} = -0.0714$

$f_{21} = -1.39856$

Die vorstehend aufgelisteten numerischen Daten sind auf eine Maximallänge des afokalen optischen Systems variabler Vergrößerung normiert. In den numerischen Daten repräsentieren die Bezugssymbole  $r_1, r_2, \dots$  Krümmungsgraden von Krümmungen an Oberflächen betreffender Linsenelemente. Die Bezugssymbole  $d_1, d_2, \dots$  bezeichnen Dicken der jeweiligen Linsenelemente und dazwischen reservierter Lufträume oder Luftabstände. Die Bezugssymbole  $n_1, n_2, \dots$  bezeichnen Brechungsindizes der jeweiligen Linsenelemente. Die Bezugssymbole  $\nu_1, \nu_2, \dots$  repräsentieren Abbe-Zahlen 65

der jeweiligen Linsenelemente. Das Bezugszeichen AD kennzeichnet eine jeweilige Exzentrizität des rechten optischen Okularsystems und des linken optischen Okularsystems, gemessen von der optischen Achse des optischen Systems variabler Vergrößerung. Das Bezugszeichen A bezeichnet einen Durchmesser einer Aperturblende des optischen Okularsystems. Das Bezugszeichen AP repräsentiert einen von der Aperturblende des optischen Okularsystems zu einer letzten Fläche oder Endfläche des afokalen optischen Systems variabler Vergrößerung längs der optischen Achse gemessenen Abstand. Das Bezugszeichen IH bezeichnet eine maximale Bildhöhe, gemessen von der optischen Achse des optischen Okularsystems. Das Bezugszeichen HH bezeichnet einen zwischen den Hauptpunkten der zweiten Linseneinheit gemessenen Abstand. Die Bezugszeichen  $f_{20}$  und  $f_{21}$  repräsentieren Brennweiten der Linsenkomponenten, die auf der Objektseite bzw. auf der Bildseite in der zweiten Linseneinheit angeordnet sind.

10 Wenn die reflektierenden Elemente beispielsweise in dem in Fig. 1 gezeigten optischen System angeordnet sind, so sind die Luftspalte oder Luftabstände verbreitert, und die Linseneinheiten haben abgeschwächte Brechkräfte, wodurch das optische System in Richtung der optischen Achse  $O_2$  verlängert werden muß, um dessen Vergrößerung unverändert zu halten. Wenn das optische System in Richtung der optischen Achse  $O_2$  verlängert wird, hat es einen längeren Vorsprung und ist nicht ausgeglichen bzw. nicht symmetrisch, was es schwierig macht, einen Mikroskopkörper zu erhalten, so daß er nicht schief bzw. schräg ist. Zur Vermeidung dieses Nachteils sind die zur Bildung der zweiten Linseneinheit erforderlichen Linsenkomponenten vor und hinter dem reflektierenden Element angeordnet. Betrachtet man die Linsenkomponenten und das reflektierende Element als eine einzelne Linseneinheit, so ist der Abstand zwischen den Hauptpunkten verlängert, so daß das reflektierende Element einem dünnen reflektierenden Element äquivalent ist. Eine derartige Konfiguration oder Ausführung bietet die Möglichkeit, das afokale optische System variabler Vergrößerung kompakt zu gestalten und erleichtert die Korrektion von Aberrationen bzw. Abbildungsfehlern in dem optischen System.

15 Ein afokales optisches System variabler Vergrößerung, das die als das Beispiel 1 bevorzugten numerischen Daten hat, ist in den Fig. 7A, 7B und 7C gezeigt, wobei das afokale optische System variabler Vergrößerung eingestellt ist, um Vergrößerungen des Stereomikroskops gemäß der vorliegenden Erfindung von  $0,233 \times$ ,  $0,466 \times$  und  $0,933 \times$  zu erhalten. In diesen Zeichnungen repräsentiert das Bezugszeichen 0 die Objektseite, und das Bezugszeichen I bezeichnet die Bildseite.

20 Bei dem afokalen optischen System variabler Vergrößerung mit den als das Beispiel 1 bevorzugten numerischen Daten hat ein zwischen der objektseitigen Linsenkomponente 320 und der bildseitigen Linsenkomponente 321 reservierter Luftabstand eine optische Weglänge von 0,2795 wohingegen der zwischen den Hauptpunkten gemessene Abstand 0,1228 beträgt, der um 43% verkürzt ist. Es kann nicht gesagt werden, daß das afokale optische System variabler Vergrößerung hinreichend kompakt ist, wenn es nicht ein Verkürzungsverhältnis von 35% oder mehr hat, und das in Fig. 1 gezeigte erste Ausführungsbeispiel der Erfindung ist hinreichend kompakt, wenn es entsprechend dem oben beschriebenen Verkürzungsverhältnis beurteilt wird. Ferner ist es wünschenswert, die Hauptpunkte zu verlagern, wobei die auf der Bildseite in der zweiten Linseneinheit angeordnete Linsenkomponente 321 eine Meniskus-Linsenkomponente ist, die eine konkave Oberfläche an der Objektseite aufweist und eine Absolutbrennweite von wenigstens 1 oder nahezu keine Brechkraft aufweist. Falls ein breiter Luftabstand zwischen den beiden Linsenkomponenten der zweiten Linseneinheit reserviert ist, wie es bei dem afokalen optischen System variabler Vergrößerung mit den numerischen Daten des Beispiels 1 der Fall ist, so ist es schwierig, die Bildfeldwölbung zu korrigieren. Aberrationscharakteristiken des Stereomikroskops, das das afokale optische System variabler Vergrößerung verwendet, sind für die Vergrößerungseinstellungen  $0,233 \times$ ,  $0,466 \times$  und  $0,933 \times$  in Fig. 10, Fig. 11 bzw. Fig. 12 dargestellt.

25 Ein afokales optisches System variabler Vergrößerung mit den als Beispiel 2 bevorzugten numerischen Daten hat den in den Fig. 8A, 8B und 8C gezeigten Aufbau, wobei eine zweite Linseneinheit des afokalen optischen Systems variabler Vergrößerung aus einer objektseitigen negativen Linsenkomponente 320 und einer bildseitigen dicken Linsenkomponente 321 gebildet ist, die aus Linsenelementen besteht, die an einer vorderen Oberfläche und einer hinteren Oberfläche eines Prismas gekittet sind. Da das Prisma – wie oben beschrieben – als eine lange Linsenkomponente ausgebildet ist, ist der zwischen diesen beiden Linsenkomponenten reservierte Luftabstand schmal. Im Gegensatz zu dem afokalen optischen System variabler Vergrößerung mit den numerischen Daten des Beispiels 1, welches die als die Meniskus-Linsenkomponente mit nahezu verschwindender Brechkraft konfigurierte bildseitige Linsenkomponente 321 der zweiten Linseneinheit verwendet, nutzt das afokale optische System variabler Vergrößerung mit den numerischen Daten des Beispiels 2 reflektierende Flächen, die in der Linseneinheit angeordnet sind, um den Luftabstand zu verbreitern und die negative Brechkraft stärker zu machen, wodurch die Bildfeldwölbung reduziert wird. Wenn das afokale optische System variabler Vergrößerung mit den numerischen Daten des Beispiels 2 zur Realisierung der Vergrößerungen von  $0,233 \times$ ,  $0,466 \times$  und  $0,933 \times$  eingestellt ist, hat das Stereomikroskop gemäß der vorliegenden Erfindung Aberrationscharakteristiken, wie sie in Fig. 13, Fig. 14 bzw. Fig. 15 dargestellt sind.

30 Ein afokales optisches System variabler Vergrößerung mit den als das Beispiel 3 bevorzugten numerischen Daten hat einen Aufbau, wie er in den Fig. 9A, 9B und 9C gezeigt ist, wobei zwei Linsenkomponenten 320 und 321 separate Reflexionsflächen aufweisen. Das afokale optische System variabler Vergrößerung mit den numerischen Daten des Beispiels 3 zeigt den Effekt, der ähnlich dem ist, der bei dem afokalen optischen System variabler Vergrößerung mit den numerischen Daten des Beispiels 2 erhalten wird. Bei dem afokalen optischen System variabler Vergrößerung mit den numerischen Daten des Beispiels 3 sind positive Linsenkomponenten, die in der ersten Linseneinheit und der zweiten Linseneinheit angeordnet sind, aus einem außerordentlich dispergierenden oder Dispersion zeigenden Glasmaterial gefertigt, um außeraxiale chromatische Aberration und chromatische Längsaberration günstig zu korrigieren. Wenn das afokale optische System variabler Vergrößerung mit den numerischen Daten des Beispiels 3 für die Realisierung der Vergrößerungen von  $0,233 \times$ ,  $0,466 \times$  und  $0,933 \times$  eingestellt ist, hat das Stereomikroskop gemäß der vorliegenden Erfindung Aberrationscharakteristiken, wie sie in den Fig. 16, 17 bzw. 18 veranschaulicht sind.

35 Die Diagramme der Aberrationscharakteristiken der afokalen optischen Systeme variabler Vergrößerung mit den oben beschriebenen numerischen Daten zeigen eine axiale Aberration und Astigmatismus in den Zuständen, in denen eine zentrale Linie der optischen Achsen des rechten optischen Okularsystems und des linken optischen Okularsystems mit der optischen Achse des afokalen optischen Systems variabler Vergrößerung koinzidiert. In den Diagrammen, die die

axiale Aberration zeigen, ist die laterale Aberration mit Werten gezeichnet, wie sie in einer Ebene zu messen sind, die die rechten und linken optischen Achsen enthält, und die Ordinate entspricht Aperturverhältnissen. Die Astigmatismus-Kurven veranschaulichen Astigmatismus zweier Typen, von denen einer in einer Ebene gemessen wurde, die die rechte optische Achse und die linke optische Achse der optischen Okularsysteme enthält, und von denen der andere in einer Richtung senkrecht zu der oben erwähnten Ebene gemessen wurde. "Horizontalrichtung" oder "Vertikalrichtung" ist in jedem der Diagramme spezifiziert, die Astigmatismus veranschaulichen. Diese Aberrationen sind mit Werten gezeichnet, wie sie auf Bildflächen der optischen Okularsysteme gemessen wurden, deren jedes eine abbildende Linsenkomponente mit einer Brennweite von  $f_{OC}$  verwendet. Astigmatismus ist als eine vertikale Aberration dargestellt, wobei ein Punkt, bei dem die Lichtintensität minimal ist, auf einer Ebene, die eine optische Achse mit einem Bildpunkt verbindet, durch eine gestrichelte Linie gezeichnet ist, und ein Bildpunkt, der in einer Richtung senkrecht zu der Ebene optimal ist, ist durch eine durchgezogene Linie gekennzeichnet.

Jedes der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele des Stereomikroskops nach der vorliegenden Erfindung verwendet ein Paar rechte und linke Okularlinsensysteme. Das Stereomikroskop gemäß der vorliegenden Erfindung kann jedoch anstelle der beiden Okularlinsensysteme ein Okularlinsensystem aufweisen, das aus einem einzelnen Linsensystem besteht, dessen Durchmesser groß genug ist, um die beiden Lichtbündel zu umfassen bzw. abzudecken, die auf das rechte Auge und das linke Auge des Beobachters treffen sollen. Dementsprechend kann der in der obigen Beschreibung verwendete Begriff "Okularlinsensysteme" als "rechtes Okularlinsensystem und linkes Okularlinsensystem" oder als "ein einzelnes Okularlinsensystem mit einem Durchmesser, der groß genug ist, die beiden Lichtbündel zu umfassen, die auf zwei Augen treffen sollen" interpretiert werden. Darüber hinaus treten keine Schwierigkeiten auf, wenn ein einzelnes Okularlinsensystem mit solch einem großen Durchmesser in jedem der in den Zeichnungen illustrierten Ausführungsbeispiele übernommen wird.

Das Stereomikroskop gemäß der vorliegenden Erfindung ist kompakt und hat günstige optische Eigenschaften.

#### Patentansprüche

1. Stereomikroskop,
  - mit einem gemeinsamen Objektiv (2) für den rechten und linken Strahlengang des Stereomikroskops
  - und einem für den rechten und linken Strahlengang gemeinsamen, afokalen Vergrößerungssystem (3)
  - und mit einem Binokular (15) zur Beobachtung des aus dem afokalen Vergrößerungssystem (3) austretenden Objektlichtes,  
**dadurch gekennzeichnet,**
    - daß zur Erzielung einer geringen Bauhöhe des Stereomikroskops zwischen dem Objekt (O) und dem Binokular (15) der Reihe nach vier den Lichtweg im Bereich des afokalen Vergrößerungssystems (3) faltende Spiegel vorgesehen sind,
    - von denen der erste (1) und vierte (6) Spiegel außerhalb und der zweite (4) und dritte (5) Spiegel innerhalb des afokalen Vergrößerungssystems (3) angeordnet sind und der dritte Spiegel (5) unmittelbar neben dem zweiten Spiegel (4) liegt,
    - daß der erste Spiegel (1) das Objektlicht vom Mikroskopkopbus weg durch das Objektiv (2) hindurch in den Eingang des afokalen Vergrößerungssystems (3) zu dem zweiten Spiegel (4) reflektiert, der das Objektlicht seinerseits zu dem dritten Spiegel (5) reflektiert
    - und daß der dritte Spiegel (5) das Objektlicht zum Mikroskopkopbus zurück durch den Ausgang des afokalen Vergrößerungssystems (3) auf den vierten Spiegel (6) reflektiert, der das Objektlicht seinerseits in das Binokular (15) reflektiert.
2. Stereomikroskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtweg zwischen dem Objekt (O) und dem vierten Spiegel (6) in ein und derselben Ebene verläuft.
3. Stereomikroskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtweg vom ersten (1) über den zweiten (4) und dritten (5) Spiegel zum vierten Spiegel (6) in ein und derselben Ebene verläuft, welche die Verlängerungen des in den ersten Spiegel (1) einfallenden und des aus dem vierten Spiegel (6) austretenden Lichtbündels schneidet, wobei zwischen dem vierten Spiegel (6) und dem Binokular (15) ein den rechten und linken Strahlengang vertauschendes optisches System (16L, 16R) vorgesehen ist.
4. Stereomikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß am Ausgang des afokalen Vergrößerungssystems (3) ein Bildaufrichtsystem (11L, 11R; 12L, 12R) vorgesehen ist.
5. Stereomikroskop nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite (4), dritte (5) und vierte Spiegel (6) als Einheit um die Verbindungsleitung zwischen dem ersten (1) und dem zweiten (4) Spiegel drehbar sind.
6. Stereomikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Spiegel (1) als Strahlteiler ausgebildet und ein Beleuchtungssystem vorgesehen ist, welches das Objekt (O) durch den ersten Spiegel (1) hindurch beleuchtet.
7. Stereomikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Binokular (15) um das aus dem vierten Spiegel (6) austretende Lichtbündel drehbar ist.
8. Stereomikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite (4) und dritte (5) Spiegel in einem Einzelprisma zusammengefaßt sind.
9. Stereomikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das afokale Vergrößerungssystem (3) ein erstes Sammelsystem (31), ein Zerstreuungssystem (32) und ein zweites Sammelsystem (33) aufweist, wobei die beiden Sammelsysteme (31, 33) zur Vergößerungseinstellung längsverschiebbar sind.
10. Stereomikroskop nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstreuungssystem (32) und das

DE 43 36 715 C 2

Einzelprisma eine Einheit bilden.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20.

25

30

35

40

45

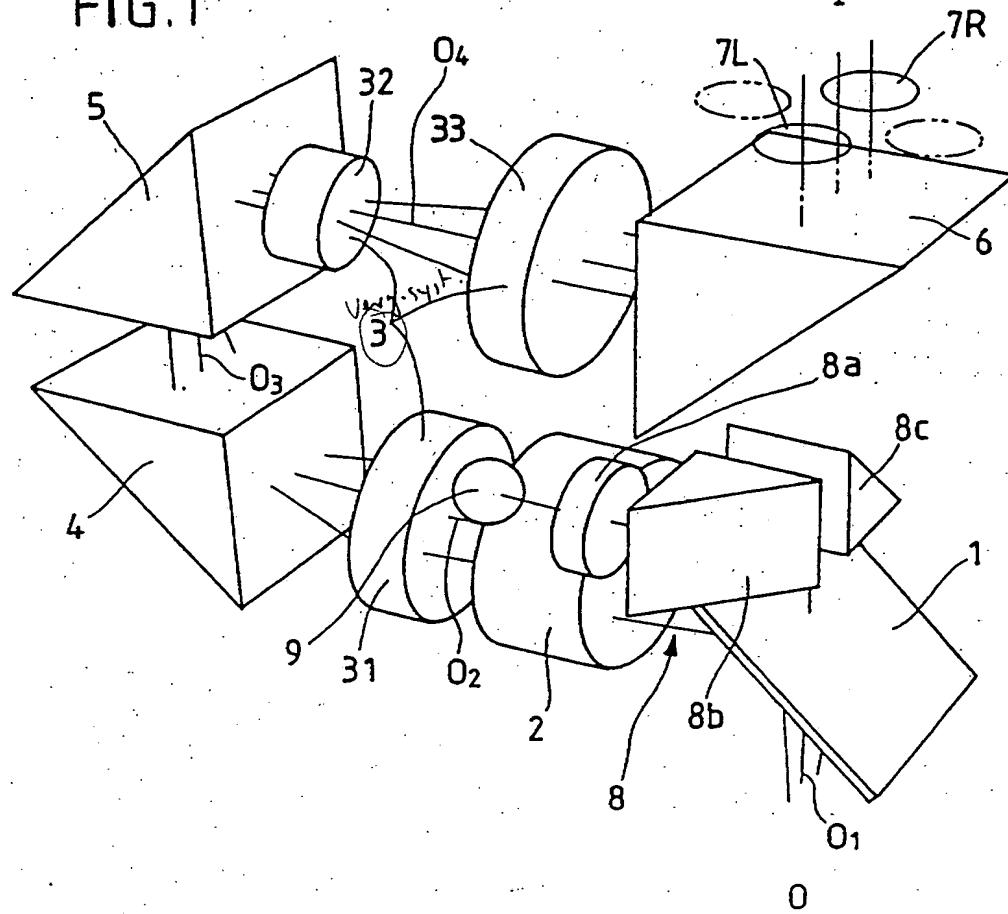
50

55

60

65

FIG. 1



I

FIG. 2

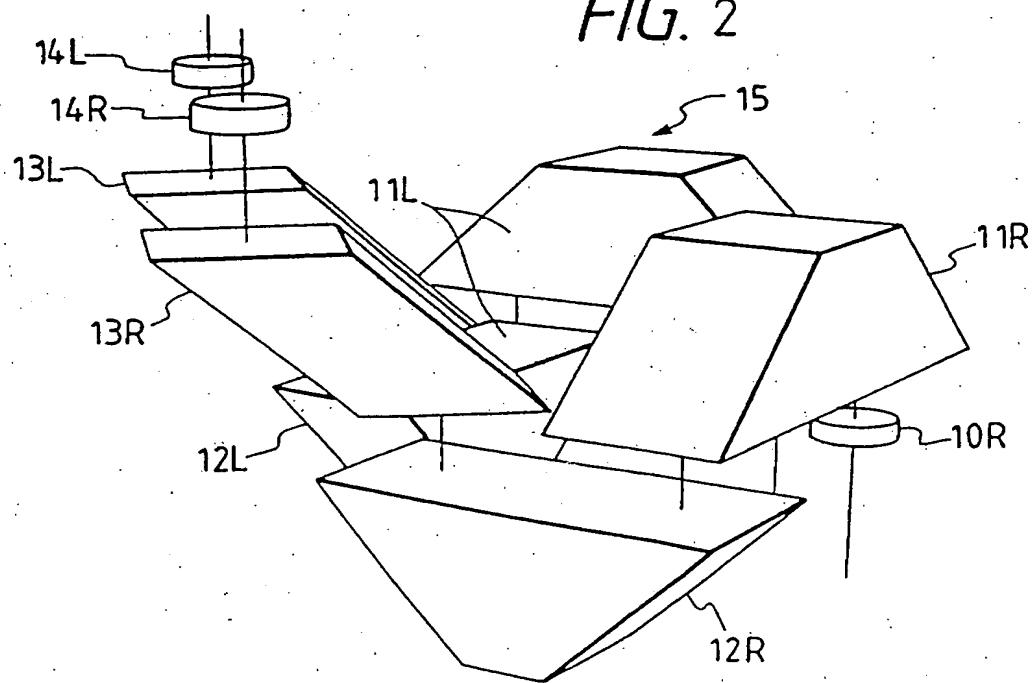


FIG. 3

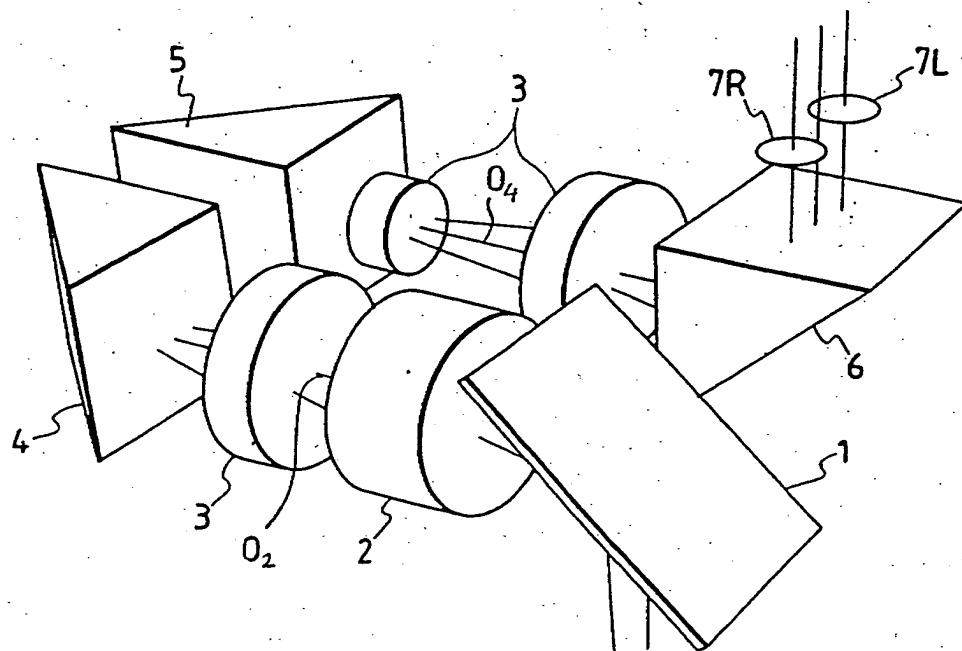


FIG. 4

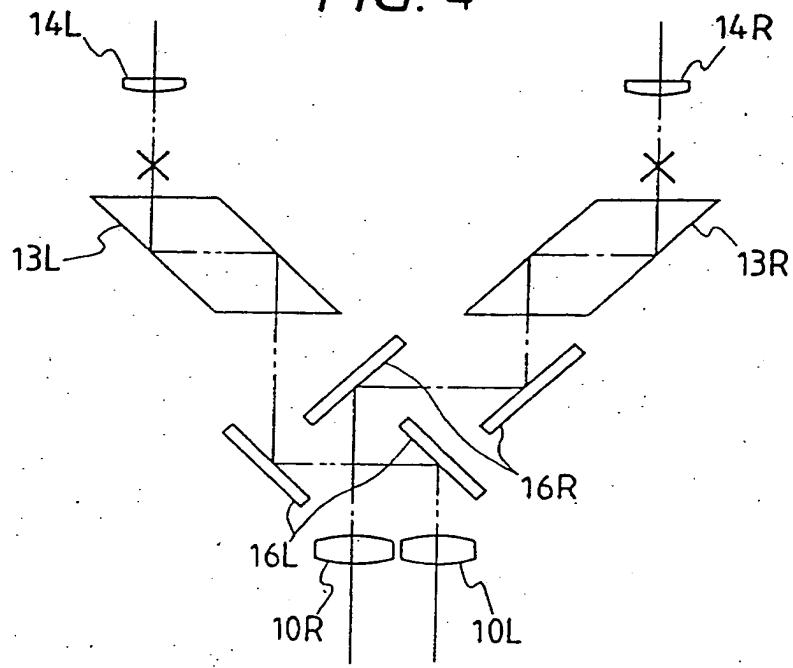


FIG. 5

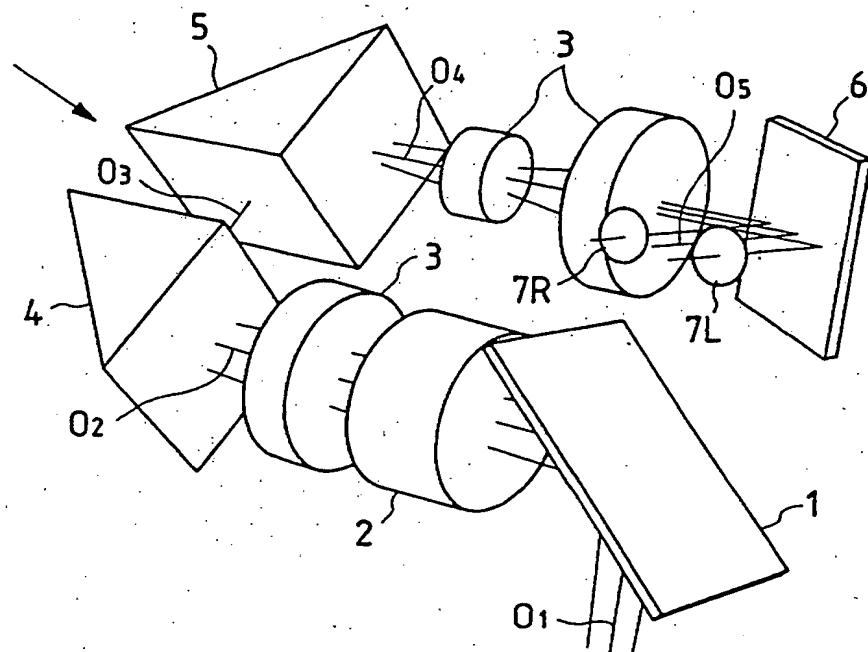


FIG. 6

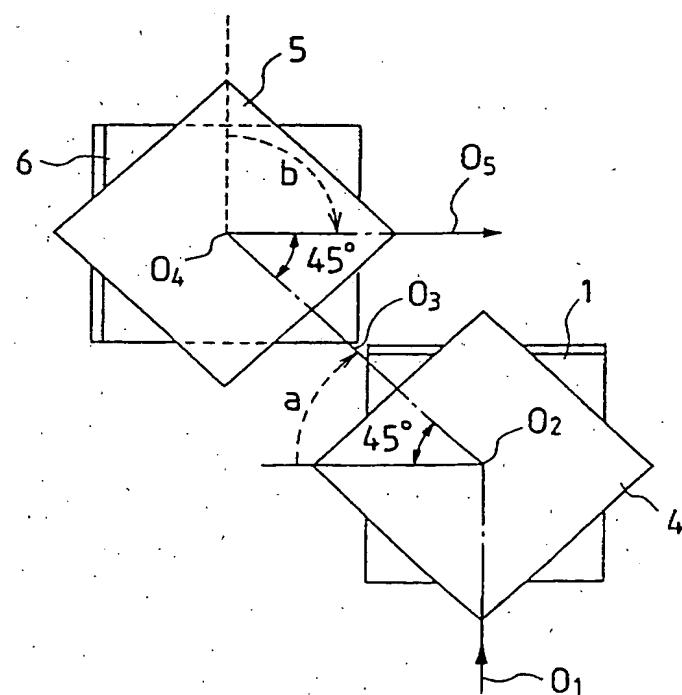


FIG. 7A

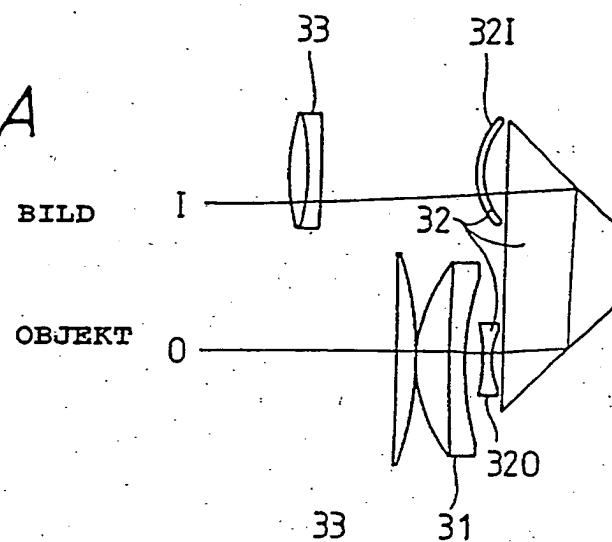


FIG. 7B

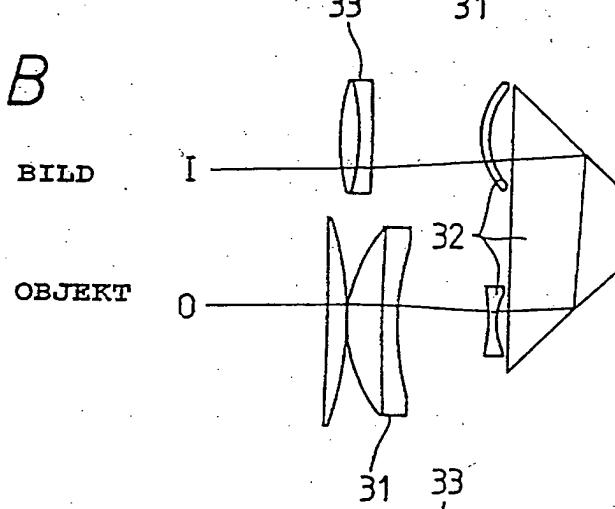


FIG. 7C

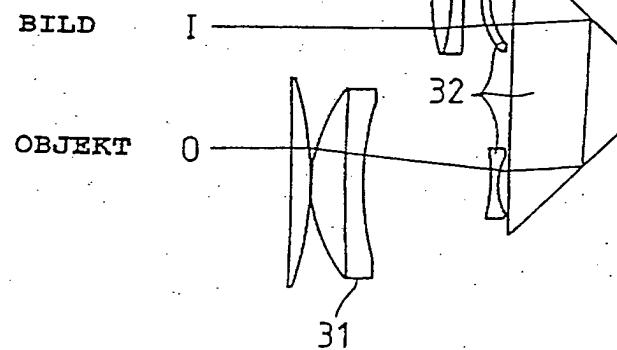


FIG. 8A

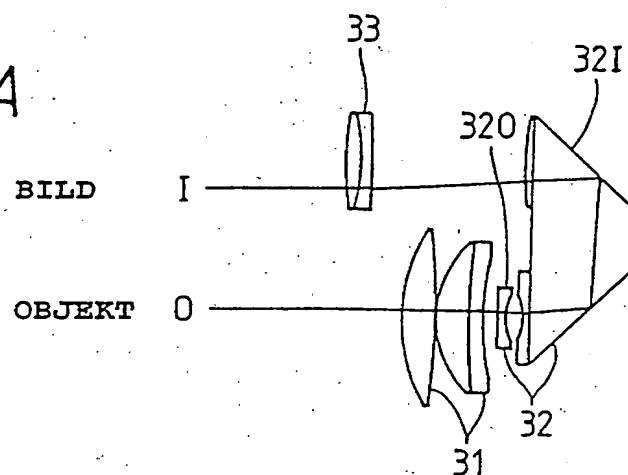


FIG. 8B

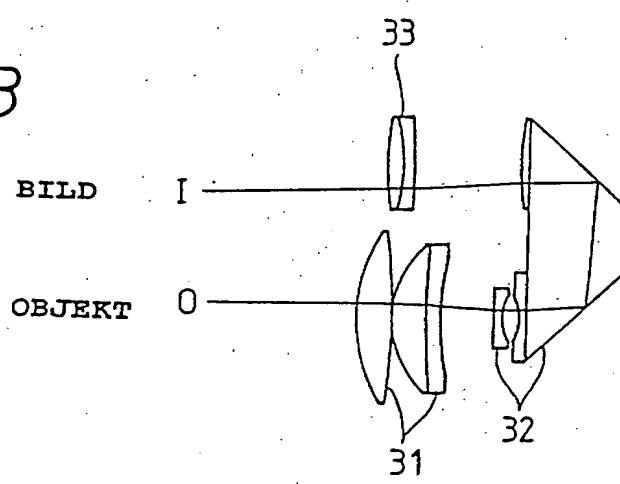


FIG. 8C

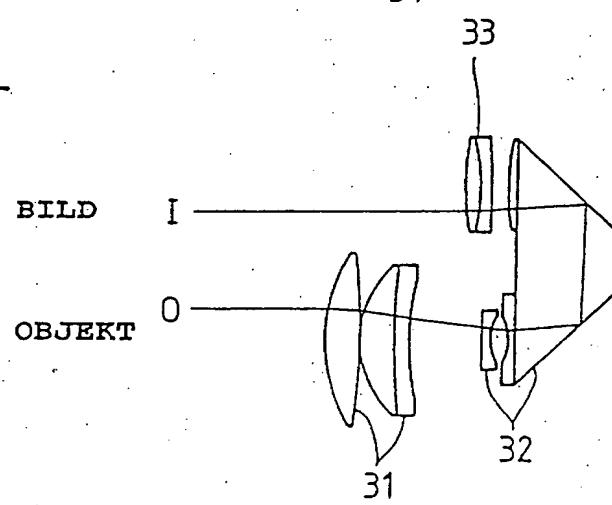


FIG. 9 A

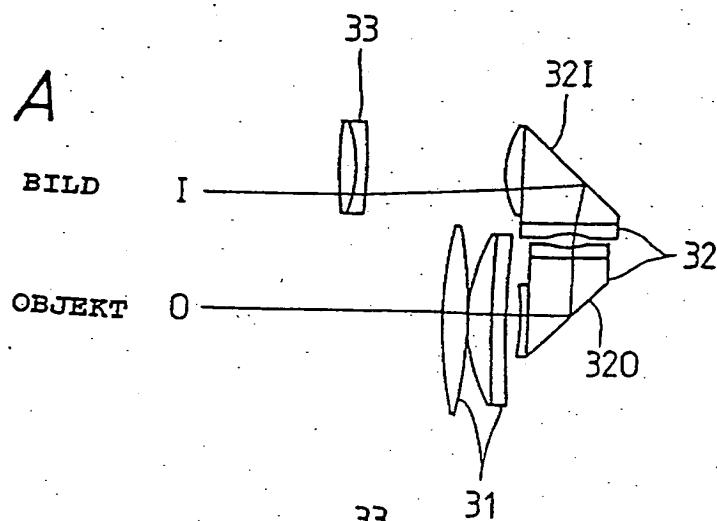


FIG. 9 B

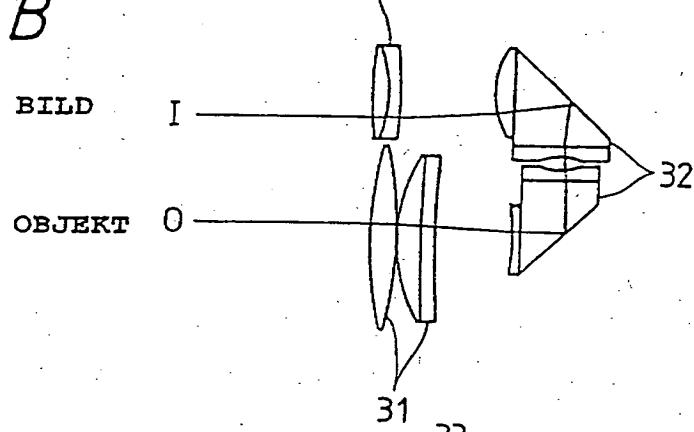


FIG. 9 C

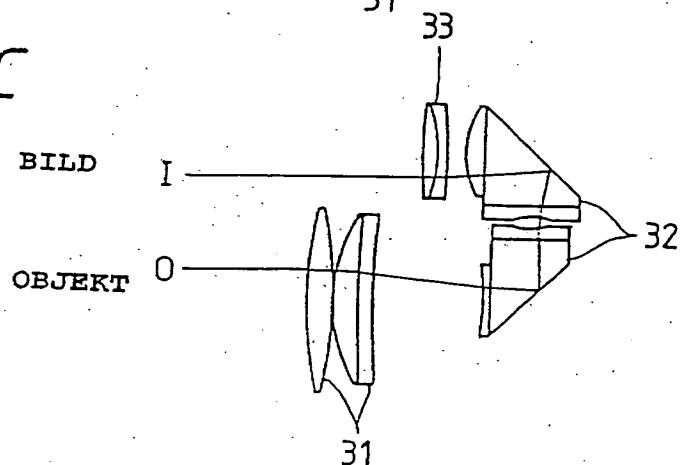


FIG. 10

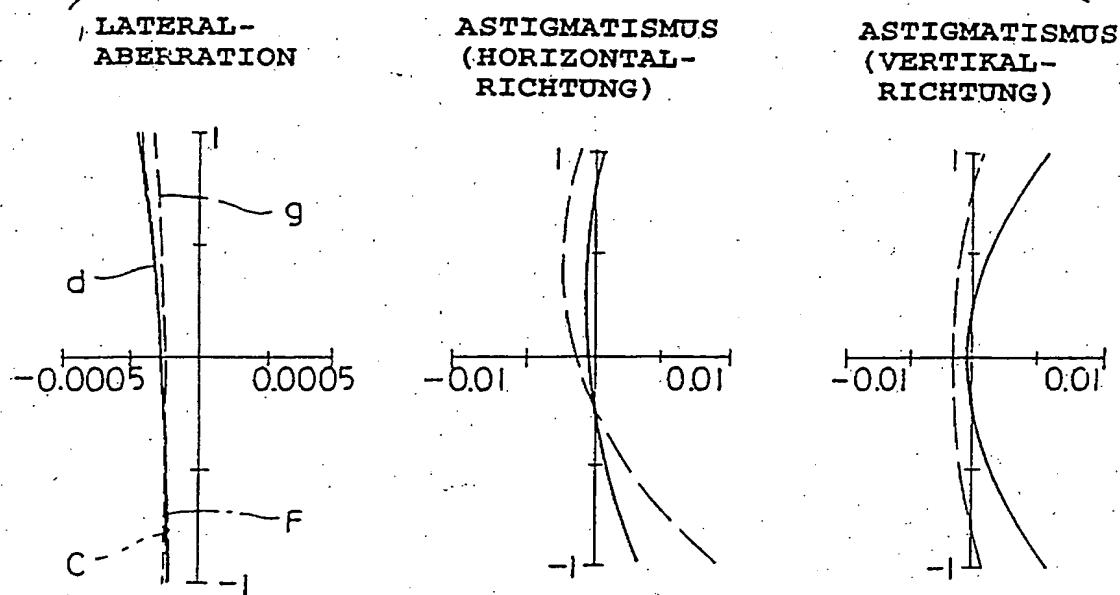


FIG. 11

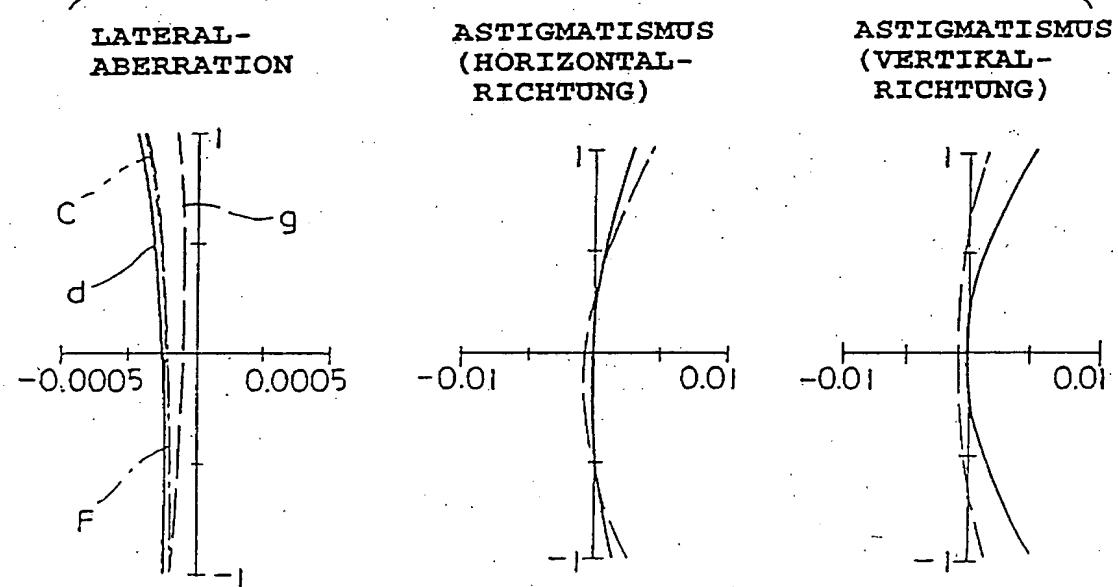


FIG. 12

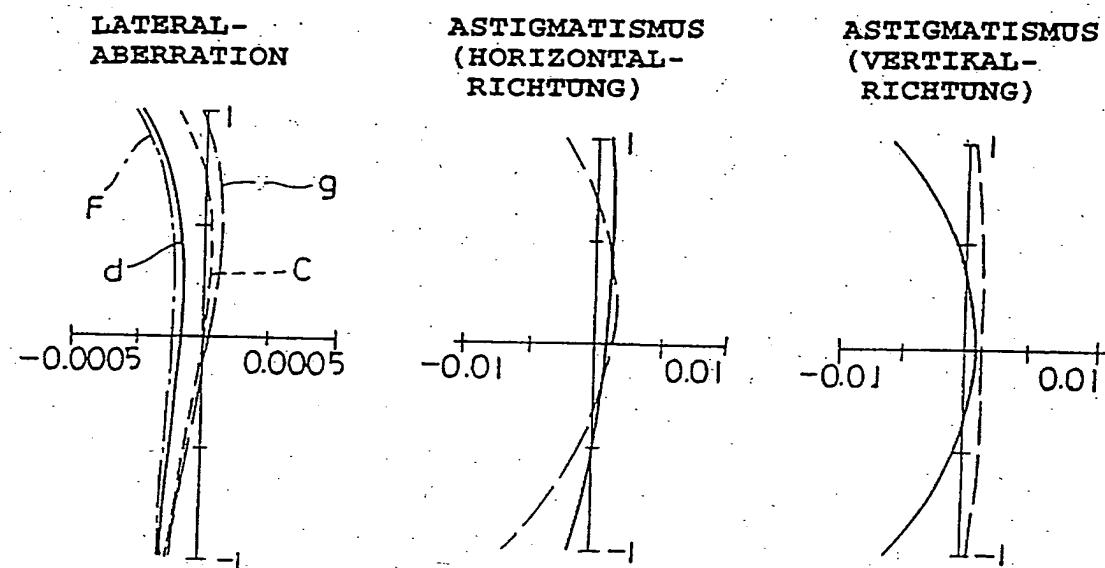


FIG. 13

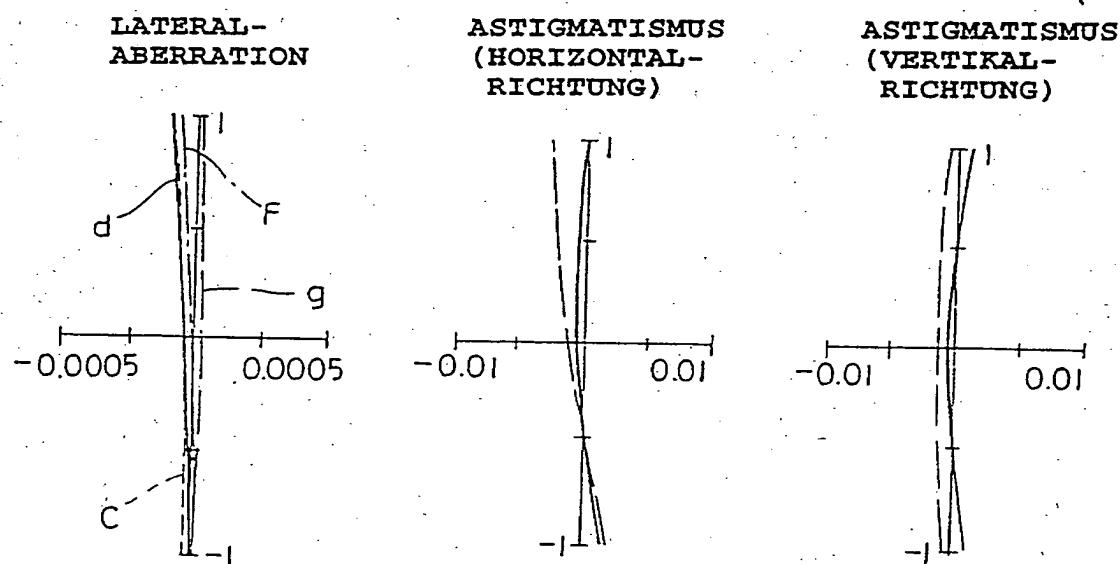


FIG. 14

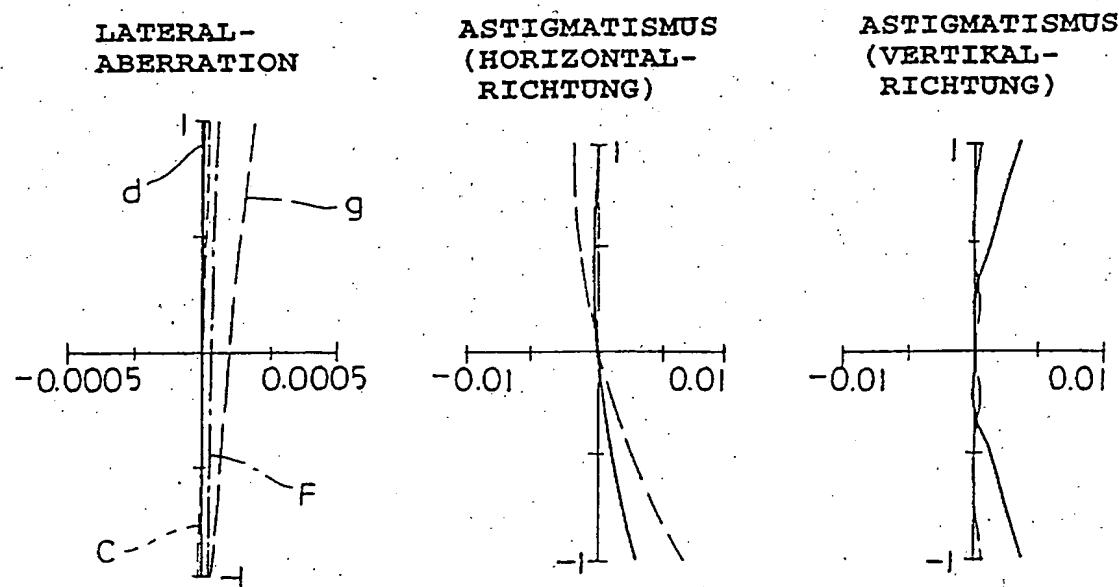


FIG. 15

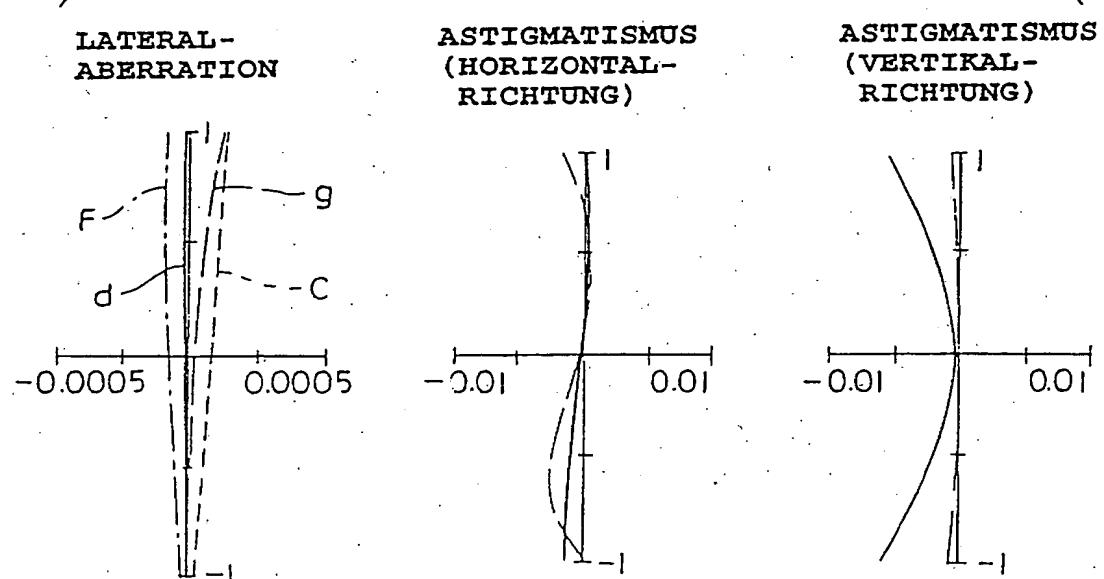


FIG. 16

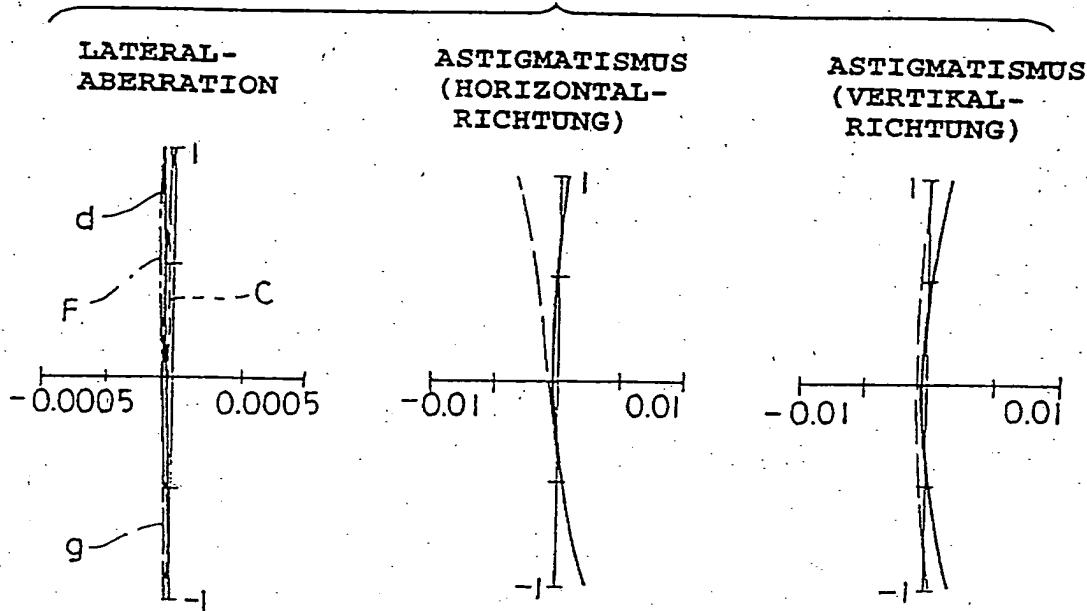


FIG. 17

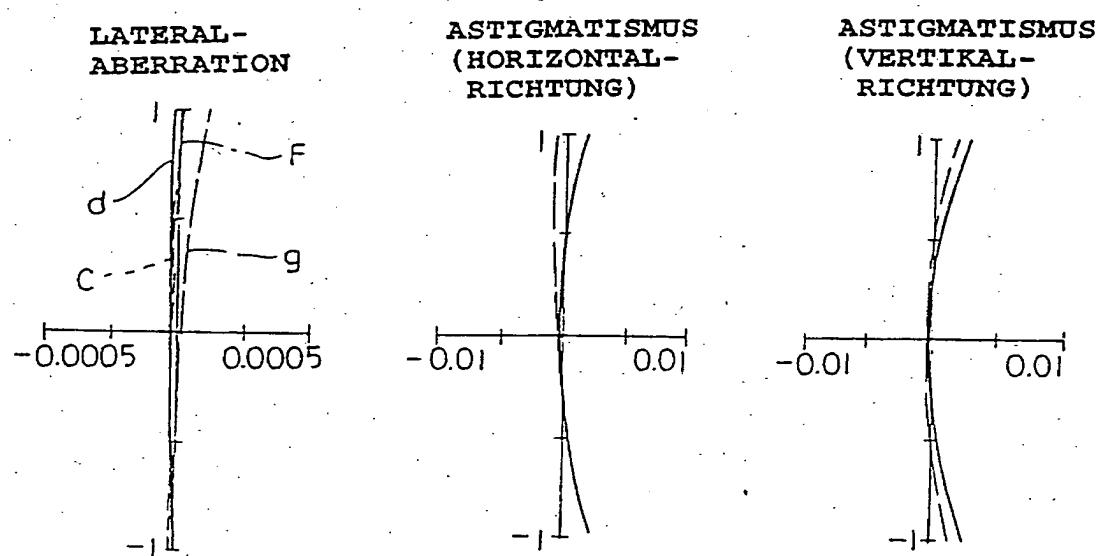


FIG. 18

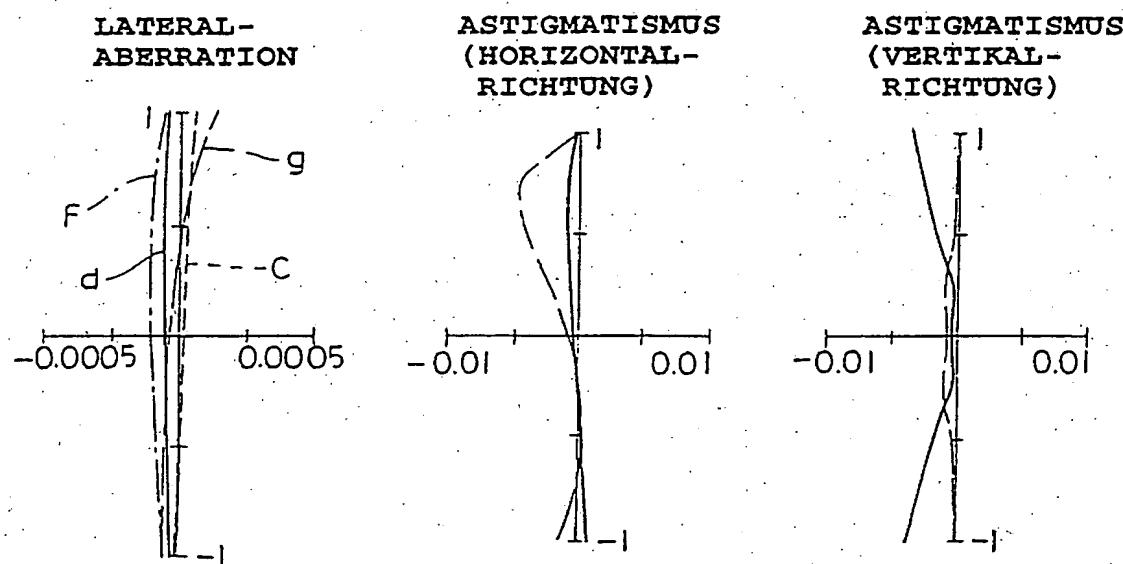


FIG. 19

